

# PERBANDINGAN PERILAKU BALOK BETON BERTULANG DENGAN MENGGUNAKAN ORDINARY PORTLAND CEMENT (OPC) DAN PORTLAND COMPOSITE CEMENT (PCC)

Prima Yane Putri <sup>1)</sup>, Nevy Sandra <sup>2)</sup>

<sup>1), 2)</sup> Staf Pengajar Teknik Sipil Universitas Negeri Padang  
prima.yane.putri@gmail.com

## ABSTRACT

*The development of environmentally friendly knowledge emerging done and campaigned given the severity of the effects of environmental damage caused by humans. One industry that has contributed to the destruction of nature and the causes of global warming is the effect of CO<sub>2</sub> due to the cement industry. One way to overcome this is to produce cement quality is maintained and environmentally friendly. It is stated in the CDM (Clean Development Mechanism), which regulates the development of more environmentally friendly with no prejudice to the functions of the cement itself. Referring to the CDM, was made known by the Portland Cement Composite Cement (PCC), where the mixture is not just made up of clinker and gypsum alone, but it has been mixed with Pozolan materials such as fly ash.*

*PCC itself is still in the development stage, so it still needs a lot more research on the use of this type of cement in the concrete mix. During this new research conducted to investigate the compressive strength of concrete using cement PCC. Therefore conducted this study aimed to determine the compressive strength, flexural strength and crack pattern cement concrete using PCC and compared with the behavior of flexural strength and fracture pattern cement concrete using OPC.*

*Tests conducted in the laboratory based on ISO 03 - 2847- 2002. Covering compressive strength test, flexural test and observation cracked reinforced concrete beam pattern with a compressive strength of 25 MPa plan. The results show that the compressive strength and the use of PCC up to the age of 28 days is higher than the compressive strength of concrete with cement OPC. Crack pattern that occurred showed a similar pattern, while the flexural strength of concrete with cement OPC has higher flexural strength than concrete blocks with cement PCC.*

**Keywords:** *Ordinary Portland Cement (OPC), Portland Composite Cement (PCC), Compressive Strength Test, Flexural Strength Test, Crack Pattern*

## PENDAHULUAN

Di bidang Konstruksi Sipil, semen digunakan sebagai bahan untuk membuat beton dan mortar. Semen menjadi perekat hidrolis bahan bangunan, artinya jadi perekat bila bercampur dengan air. Dengan semakin pesatnya industri semen di Indonesia muncullah pabrik-pabrik semen

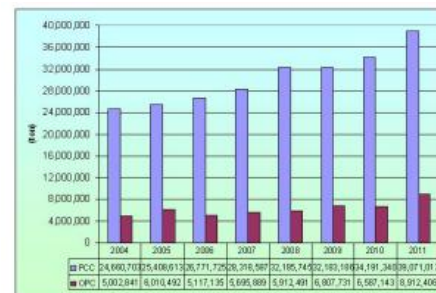
salah satunya yang ada di Sumatera Barat yaitu PT. Semen Padang.

Perkembangan pengetahuan ataupun terapan ilmu pengetahuan yang ramah lingkungan sedang marak dilakukan dan dikampanyekan mengingat semakin parahnya efek kerusakan lingkungan dan alam yang disebabkan oleh manusia. Salah

satu industri yang banyak menyumbangkan kerusakan alam serta penyebab global warming (pemanasan global) adalah efek dari gas CO<sub>2</sub> akibat industri semen. Namun mengingat begitu penting dan dekatnya hubungan antara semen dan pembangunan di dunia ini, maka tidak mungkin untuk menutup pabrik-pabrik semen yang telah ada selama ini. Salah satu jalannya adalah dengan memproduksi semen dengan kualitas yang tetap terjaga dan ramah lingkungan. Hal ini dituangkan dalam program CDM (Clean Development Mechanism) yang mengatur tentang pembangunan yang lebih ramah lingkungan dengan mencari alternatif-alternatif lain, seperti: bahan bakar yang ramah lingkungan, menambahkan zat-zat yang ramah lingkungan ke dalam campuran tersebut beton dengan tidak mengenyampingkan fungsi dari semen itu sendiri.

Karena mengacu pada CDM, maka dibuatlah semen yang dikenal dengan PCC (Portland Composite Cement), dimana campurannya bukan hanya terdiri dari klinker dan gypsum saja, tetapi telah dicampur dengan bahan pozolan seperti abu terbang (fly ash) yang merupakan hasil pembakaran batu bara. Produksi semen jenis ini dilakukan melalui optimalisasi klinker dengan penambahan bahan aktif seperti pozzolan, fly ash dan bahan lain yang berfungsi memperbaiki daya rekat dan kemudahan dalam pengerjaan.

PCC sudah lebih dulu dikenal di Eropa, dan dalam beberapa tahun terakhir mulai banyak diproduksi oleh pabrik-pabrik semen di Indonesia. Bahkan beberapa tahun terakhir trend penggunaan semen di Indonesia telah beralih dari yang dulunya banyak menggunakan jenis Ordinary Portland Cement (OPC) Tipe I sekarang beralih menggunakan PCC. Berdasarkan data dari Asosiasi Semen Indonesia, setiap tahun pengguna semen tipe PCC semakin meningkat. Pangsa pasar pengguna PCC lebih banyak didominasi oleh kelompok pengguna rumah tangga, bukan dari proyek-proyek besar baik pemerintah maupun swasta.



Gambar 1. Grafik trend penggunaan PCC dan OPC dari tahun 2004 - 2011  
(sumber: Asosiasi Semen Indonesia, 2012)

PCC sendiri masih dalam tahap pengembangan, sehingga masih perlu banyak dilakukan penelitian lebih lanjut tentang penggunaan semen jenis ini di dalam campuran beton. Selama ini penelitian-penelitian baru dilakukan untuk menyelidiki kekuatan tekan beton yang menggunakan semen PCC. Oleh karena itu penulis berkeinginan untuk mengetahui kuat lentur beton dengan menggunakan semen PCC

serta membandingkannya dengan kuat lentur beton yang menggunakan semen OPC.

### **Tujuan penelitian:**

Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki perilaku balok beton bertulang yang menggunakan semen PCC sebagai bahan perekatnya serta membandingkannya dengan perilaku balok beton bertulang yang menggunakan semen tipe I (Ordinary Portland Cement). Perilaku yang diteliti meliputi kuat tekan, kuat lentur, dan pola retak balok beton bertulang akibat uji lentur..

### **Manfaat Penelitian :**

Dengan penelitian ini diharapkan dapat :

1. Mengembangkan penelitian dan pengetahuan di bidang teknologi beton, khususnya penggunaan semen PCC di dalam di dalam campuran beton.
2. Memberikan solusi penggunaan material bahan bangunan yang ramah lingkungan serta meyakinkan masyarakat bahwa ternyata penggunaan semen tipe PCC tidak kalah hasilnya dengan penggunaan semen tipe OPC yang selama ini digunakan masyarakat.

### **METODE PENELITIAN**

Pengujian dilakukan di laboratorium, meliputi pengujian pendahuluan dan pengujian lanjutan. Pengujian pendahuluan dimaksudkan untuk menguji karakteristik dari material dasar yang digunakan dalam pembuatan campuran beton, apakah memenuhi persyaratan atau tidak berdasarkan standar ASTM 04.02-1996 dan SK SNI S-04-1989-F. Kemudian data-data tersebut digunakan dalam perhitungan rencana campuran beton (*mix design*) berdasarkan SNI 03 – 2847- 2002. Pengujian lanjutan yang dilakukan adalah pengujian laboratorium berupa uji kuat tekan, uji lentur dan pengamatan pola retak balok beton bertulang. Pengujian pendahuluan dan pengujian lanjutan dilakukan di Laboratorium Bahan Jurusan Teknik Sipil FT-UNP. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 3, 7, 14 dan 28 hari (masing-masing kondisi campuran 3 benda uji). Pengujian kuat tekan beton mengacu kepada SNI 03-1974-1990 tentang Metode Pengujian Kuat Tekan Beton. Uji belah dilakukan pada umur beton 28 hari (3 benda uji). Sedangkan uji lentur dilakukan pada umur beton 56 hari (masing-masing kondisi campuran 3 benda uji). Pengujian kuat lentur ini mengacu kepada SNI 03-4431-1997 tentang Metode Pengujian Kuat Lentur Normal Dengan Dua Titik Pembebanan . Setelah dilakukan pengujian lentur, diamati pola reta yang terjadi pada benda uji. Sebelum diuji, benda uji direndam (*curing*)

dalam bak perendam sampai umur pengujian.

Benda uji untuk uji tekan direncanakan silinder berukuran tinggi 30 cm, diameter 15 cm, sebanyak 24 (dua puluh empat buah) buah dengan kuat tekan rencana 25 MPa.

Untuk uji belah sebanyak 6 (enam) benda uji silinder. Sedangkan untuk pengujian lentur, direncanakan balok beton bertulang berukuran 15 x 15 x 60 cm, sebanyak 6 buah. Komposisi bahan pembentuk beton dapat dilihat pada tabel 2 berikut:

Tabel 2. Distribusi sampel (benda uji)

N o	Benda Uji	Jumlah Banda Uji	Uji Kuat Tekan	Uji Belah	Uji Lentur	Pola Retak
1.	Sampel silinder diameter 15cm, tinggi 30cm, semen OPC tipe I	12	√	-	-	-
2.	Sampel silinder diameter 15cm, tinggi 30cm, semen PPC	12	√	-	-	-
3.	Sampel silinder diameter 15cm, tinggi 30cm, semen OPC tipe I	3	-	√	-	-
4.	Sampel silinder diameter 15cm, tinggi 30cm, semen PPC	3	-	√	-	-
5.	Balok beton bertulang uk. 15x15x60 cm, semen OPC tipe I	3	-	-	√	√
6.	Balok beton bertulang uk. 15x15x60 cm, semen PCC	3	-	-	√	√

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengujian Pendahuluan

Pengujian pendahuluan dimaksudkan untuk menguji karakteristik dari material dasar yang digunakan dalam pembuatan campuran beton, apakah memenuhi persyaratan atau tidak. Pengujian material berdasarkan standar ASTM 04.02-1996 dan SK SNI S-04-1989-F. Kemudian data-data tersebut digunakan dalam perhitungan rencana campuran beton (*mix design*) berdasarkan Metode ACI. Pengujian material ini dilakukan di Laboratorium Bahan Jurusan Teknik Sipil FT-UNP.

Pengujian pendahuluan yang dilakukan berupa :

- Spesific gravity & absorpsi agregat halus dan agregat kasar

- Analisis saringan agregat halus dan agregat kasar
- Bahan lolos saringan no. 200 untuk agregat halus
- Kadar air agregat halus dan agregat kasar
- Zat organik dan kadar lumpur agregat halus
  - Berat volume agregat halus dan agregat kasar
  - Keausan dengan mesin los angeles untuk agregat kasar

Hasil pengujian pendahuluan dan *mix design* yang direncanakan dapat dilihat pada lampiran. Hasil pengujian pendahuluan menunjukkan material yang digunakan memenuhi persyaratan sesuai standar standar ASTM 04.02-1996 dan SK SNI S-04-1989-F.

Proses pengujian pendahuluan dapat dilihat pada Gambar 3 berikut:



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

**Gambar 3. Pengujian Pendahuluan**

- (a). Pengujian Berat Jenis Pasir
- (b). Pengujian Kadar Air Agegat Halus
- (c). Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus
- (d). Pengujian Zat Organik Agregat Halus
- (e). Pengujian Analisis Saringan Agregat Kasar
- (f). Pengujian Berat Isi Agregat Kasar

Sedangkan proses mix design dapat dilihat pada Gambar 4 berikut :



(a)



(b)





(c)



(d)



(e)



(f)



(g)



(h)

**Gambar 4.** Pembuatan benda uji

- |  |                                |
|--|--------------------------------|
| (a). Penimbangan material              | (e). Pengadukan beton          |
| (b). Persiapan material penyusun beton | (f). Pengukuran <i>Slump</i>   |
| (c). Persiapan cetakan beton           | (g). Pemadatan benda uji       |
| (d). Campuran material                 | (h). Benda Uji selesai dicetak |

## Pengujian Lanjutan

### 1. Uji Kuat Tekan

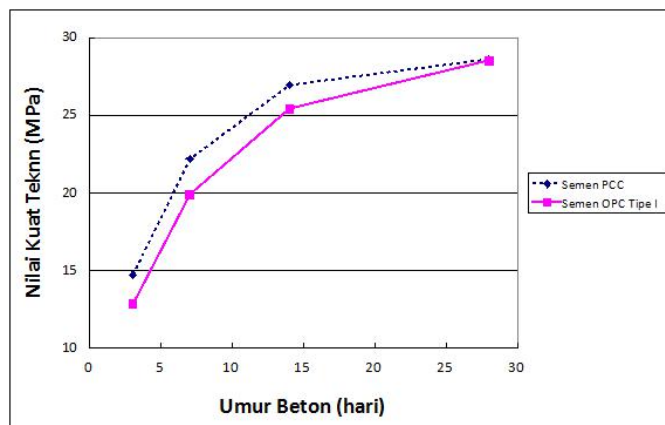
Tes tekan yang dilakukan menunjukkan pengaruh semen PCC terhadap kekuatan tekan beton. Pengujian dilakukan di Laboratorium Bahan Jurusan Teknik Sipil FT-UNP, mengacu kepada ASTM C-39. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada beton muda (umur beton kurang dari 28 hari) rata-rata

kekuatan dan kekakuan benda uji untuk beton yang menggunakan PCC lebih tinggi daripada kekuatan dan kekakuan beton yang menggunakan OPC tipe I . Pada umur 28 hari kedua jenis semen menghasilkan nilai kuat tekan yang relatif hampir sama. Hal ini disebabkan karena semen PCC memiliki daya ikat yang lebih baik pada umur beton muda dibandingkan dengan semen OPC. Namun secara umum, keduanya memiliki kuat tekan yang melebihi

kuat tekan rencana yaitu  $f_c' = 25$  MPa. semen dapat dilihat pada tabel berikut ini (Tabel Nilai rata-rata benda uji dengan variasi tipe 3 dan Gambar 6)

Tabel 3. Nilai rata-rata Kuat Tekan Benda Uji untuk semen tipe OPC tipe I dan PCC pada umur 3, 7, 14 dan 28 hari.

Benda Uji	Kuat Tekan Beton (MPa)			
	3 hari	7 hari	14 hari	28 hari
Semen OPC tipe I	14.74	22.21	26.96	28.62
Semen PCC	12.86	19.9	25.44	28.54



Gambar 6. Grafik Hubungan Umur - Kuat Tekan dengan Variasi Tipe Semen

## 2. Uji Belah

Perilaku yang sebanding juga ditunjukkan pada pengujian belah benda uji. Pengujian juga dilakukan di Laboratorium Bahan Jurusan Teknik Sipil

FT-UNP, mengacu kepada ASTM C-39. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa kekuatan dan kekakuan benda uji dengan semen PCC lebih tinggi daripada benda uji dengan semen OPC Tipe I. Namun kedua jenis benda uji memiliki pola retak yang sama.

Tabel 4. Nilai rata-rata Uji Belah Benda Uji

No	Benda Uji	Jumlah Benda Uji	Hasil Uji Belah Rata-rata (Mpa)
1.	Benda Uji dengan semen OPC tipe I	3	13.2
2.	Benda Uji dengan semen PCC	3	13.7



**Gambar 9.** Uji Belah Beton  
(a). Setup Uji Belah (b). Pola retak Benda Uji

### 3. Analisis Berat Benda Uji

Hasil penimbangan menunjukkan berat rata-rata benda uji dengan semen

PCC lebih berat daripada benda uji dengan semen tipe OPC. Hal ini dikarenakan berat jenis semen PCC lebih kecil daripada berat jenis semen OPC tipe I.

Tabel 4. Berat rata-rata Benda Uji

No	Benda Uji	Berat Rata-rata Benda Uji (Kg)
1.	Benda Uji dengan semen OPC tipe I	12,045.00
2.	Benda Uji dengan semen PCC	12,390.00

### 4. Uji Lentur

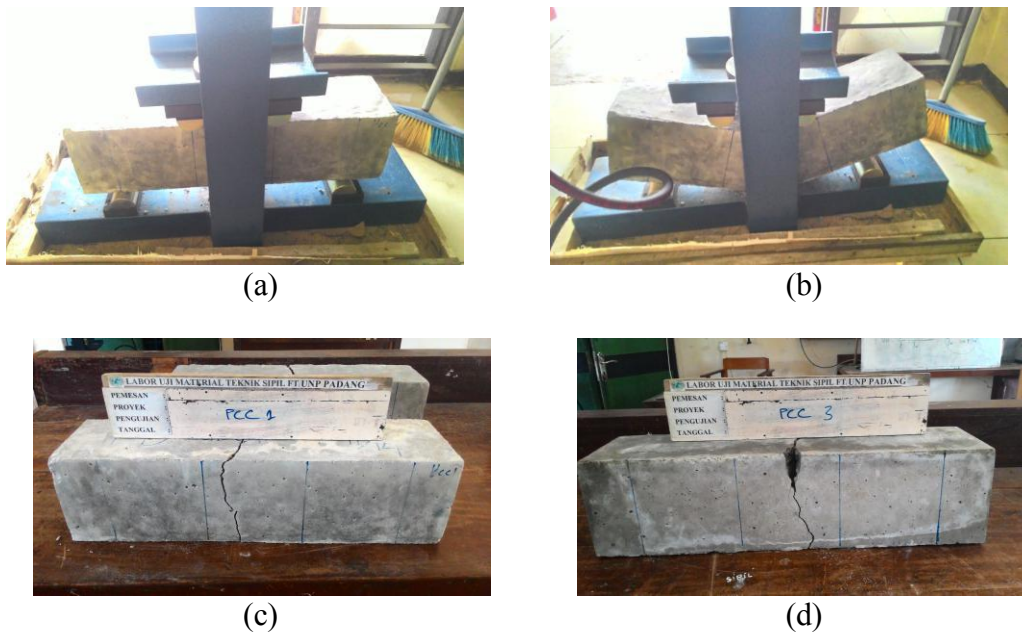
Uji lentur yang dilakukan pada umur beton 56 hari menunjukkan bahwa perbedaan kekuatan lentur balok beton dengan semen OPC tipe I dan semen tipe PCC tidak terlalu signifikan.

Walaupun kekuatan lentur balok dengan semen OPC tipe I lebih tinggi 2% daripada balok beton yang menggunakan semen tipe PCC tapi kedua jenis benda uji ini memiliki pola retak yang sama yaitu diawali dengan retak di bagian tarik terlebih dahulu sebelum akhirnya balok patah.

Tabel 5. Nilai rata-rata Kuat Lentur Benda Uji untuk semen tipe OPC tipe I dan PCC pada umur 56 hari.

No	Benda Uji	Jumlah Benda Uji	Hasil Uji Kuat Lentur Rata-rata (MPa)
1.	Benda Uji dengan semen OPC tipe I	3	3.467
2.	Benda Uji dengan semen PCC	3	3.402





**Gambar 9.** Uji Lentur Balok Beton

- (a). Setup Uji Lentur  
 (b). Benda Uji Setelah Patah  
 (c) dan (d). Pola Retak Benda Uji

## SIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Penggunaan semen tipe PCC mampu menghasilkan kekuatan beton yang sama dengan semen OPC tipe I. Bahkan pada umur muda (sebelum beton berumur 28 hari), beton dengan semen PCC memiliki nilai kuat tekan dan kuat belah yang lebih tinggi daripada beton dengan semen OPC tipe I. Hal ini disebabkan karena pada umur beton muda, semen PCC memiliki daya ikat yang lebih kuat daripada semen OPC.
2. Hasil pengujian lentur balok beton untuk kedua tipe semen menunjukkan

perilaku pola retak yang sama yaitu diawali dengan retak di bagian tarik terlebih dahulu sebelum akhirnya balok patah. Kekuatan lentur balok beton dengan semen OPC 2% lebih tinggi daripada balok beton dengan semen PCC. Hasil pengujian juga mendekati hipotesis yang memperkirakan kuat lentur beton berkisar 10-15% dari kuat tekannya.

3. Penggunaan semen PCC merupakan salah satu alternatif solusi untuk menghasilkan beton yang berkualitas baik, namun dengan harga yang lebih ekonomis dan lebih ramah lingkungan.

Untuk pengembangan penelitian ini di masa yang akan datang, disarankan hal-hal sebagai berikut :

1. Untuk mengupayakan kondisi yang seragam, sebaiknya pengecoran dilakukan secara bersamaan dan dikerjakan pada molen/ adukan yang sama.
2. Perlu adanya pengujian lentur untuk jangka waktu panjang yaitu diatas 56 hari, hingga kuat lentur yang didapat cenderung tetap.

#### DAFTAR PUSTAKA

- American Concrete Institute, **ACI 318-89 Building Code Requirements for Reinforce Concrete, Part I, General Requirement**, Fifth Edition, Skokie Illinois, USA: PCA.1990. 5pp.
- American Society for Testing and Materials, **Annual Book of ASTM Standards 2005:, Vol. 04.02, Concrete and Aggregates**, Philadelphia: ASTM 2005.
- Hariawan, Julian Agus , **Pengaruh Perbedaan Karakteristik Type Semen Ordinary Portland Cement (OPC) Dan Portland Composite Cement (PCC) Terhadap Kuat Tekan Mortar**, Tugas Akhir, Universitas Gunadarma, 2013.
- Mulyati, **Studi Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal Menggunakan Semen Portland Tipe I dan Portland Composite Cement**, Jurnal Momentum Vol. 15 No. 2 Agustus 2012, Institut Teknologi Padang, 2012
- Neville, Adam M., **Properties of Concrete**, 3rd Edition, Longman Scientific and Technical, 1988.
- Nevy Sandra & Prima Yane Putri , **Pemanfaatan Kerak Boiler Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Agregat Dalam Campuran Beton**, Laporan Penelitian DIPA Universitas Negeri Padang, Padang, 2012
- Popovics, Sandor, **Concrete Materials: Properties, Specifications and Testing**, Noyes Publication, 1992.
- Prima Yane Putri, **Analisis Perilaku Join Interior Kolom-Balok U-Shell Pracetak Di Bawah Beban Siklis**, Jurnal Sainstek, Vol. IX No. 2, Maret 2007, Padang, 2007.
- Prima Yane Putri, **Perbandingan Pola Retak Join Interior Kolom Balok U-Shell Pracetak dan Join Monolit Akibat Beban Siklis**, Jurnal Invotek Vol. VIII No. 2, Agustus 2007, Padang, 2007.
- Prima Yane Putri, **Pemanfaatan Ban Bekas Sebagai Agregat Kasar Dalam Pembuatan Concrete Block**, Jurnal Invotek, Vol. XI No.1, Februari 2010, Padang, 2010.
- Prima Yane Putri, **Reruntuhan Bangunan Pasca Gempa Sebagai Beton Agregat Daur Ulang**, Jurnal Percikan Vol. 119, Desember 2010, Bandung, 2010.
- Standar Nasional Indonesia, **SNI 15-2049-2004 : Semen Portland**, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta, 2004
- Standar Nasional Indonesia, **SNI 15-7064-2004 : Semen Portland Komposit**, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta, 2004
- Standar Nasional Indonesia, **SNI 03-2834-2000 : Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal**, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta, 2000.
- Standar Nasional Indonesia, **03-1974-1990 : Metode Pengujian Kuat Tekan Beton**, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta, 1990.
- Standar Nasional Indonesia, **03-4431-1997 : Metode Pengujian Kuat Lentur Normal Dengan Dua Titik Pembebanan**, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta, 1997.

Supartono, FX, ***Beton, Bahan Dasar dan Unsur Kekuatannya***, Trend Teknik Sipil Era Milenium Baru, John Hi-Tech Idetama, Jakarta, 2001.